

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 1 8 日
Date of Application:

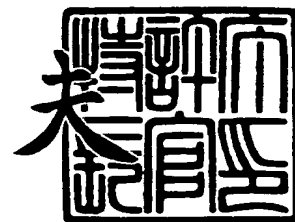
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 3 7 2 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 1 3 7 2 6]

出 願 人 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーシ
Applicant(s): ョン

2 0 0 3 年 9 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 JP9030043

【提出日】 平成15年 4月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01C 3/06
G02B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間 1 6 2 3 番地 1 4 日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内

【氏名】 福澤 董

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間 1 6 2 3 番地 1 4 日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内

【氏名】 関家 一雄

【特許出願人】

【識別番号】 390009531

【氏名又は名称】 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

【代理人】

【識別番号】 100086243

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 博

【代理人】

【識別番号】 100091568

【弁理士】

【氏名又は名称】 市位 嘉宏

【代理人】

【識別番号】 100108501

【弁理士】

【氏名又は名称】 上野 剛史

【復代理人】

【識別番号】 100110607

【弁理士】

【氏名又は名称】 間山 進也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 062651

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706050

【包括委任状番号】 9704733

【包括委任状番号】 0207860

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光リンク・モジュール、光接続方法、該光リンク・モジュールを含む情報処理装置、信号転送方法、プリズム、およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ビームを偏向させて接続するための光リンク・モジュールであって、該光リンク・モジュールは、

面状に配列された発光素子と、

前記発光素子からの光ビームを受け取るための光導波路と、

前記発光素子と前記光導波路との間に配設され、前記発光素子および前記光導波路の数にそれぞれ対応して形成された複数の非球面レンズを含む光偏向要素とを含む光リンク・モジュール。

【請求項 2】 前記光偏向要素は、プリズムであり、前記非球面レンズは、半径の異なる同軸の複数の球面から構成される、請求項 1 に記載の光リンク・モジュール。

【請求項 3】 前記発光素子は、レーザ・ダイオードまたは発光ダイオードである、請求項 1 に記載の光リンク・モジュール。

【請求項 4】 前記光導波路は、光ファイバである、請求項 1 に記載の光リンク・モジュール。

【請求項 5】 前記発光素子の配列された面と、前記光導波路の入射面とが、交差配置とされる、請求項 1 に記載の光リンク・モジュール。

【請求項 6】 前記非球面レンズは、前記光偏向要素の光学面から外部に突出して形成された凸レンズである、請求項 1 に記載の光リンク・モジュール。

【請求項 7】 複数の並列した光ビームを偏向させて発光素子からそれぞれ前記光ビームに対応する受光部へと接続する光接続方法であって、該方法は、

面状に配列された発光素子を提供するステップと、

前記発光素子からの光ビームを受け取るための受光部を提供するステップと、

前記発光素子と前記光導波路との間に配設され、前記発光素子および前記光導波路の数にそれぞれ対応して形成された複数の非球面レンズを含む光偏向要素を使用して、前記光ビームを前記発光素子と前記受光部との間で偏向させるステッ

プと

を含む光接続方法。

【請求項 8】 前記光ビームを偏向させるステップは、さらに、
前記発光素子からの光ビームに対応する前記非球面レンズにより、前記非球面レンズの光学軸を中心として異なる曲率の屈折を生じさせるステップと、
前記異なる曲率の屈折を経た光ビームを反射させ、対応する非球面レンズにより曲率の異なる屈折を生じさせるステップと、を含む請求項 7 に記載の光接続方法。

【請求項 9】 前記光ビームを、レーザ・ダイオードまたは発光ダイオードを使用して生成させるステップを含む、請求項 7 に記載の光接続方法。

【請求項 10】 前記受光部を、光ファイバの端面またはフォトダイオードの受光面で構成するステップを含む、請求項 7 に記載の光接続方法。

【請求項 11】 前記受光部までの光ビームの時間遅延が、複数の光ビームに対して同一である、請求項 7 に記載の光接続方法。

【請求項 12】 少なくとも中央処理装置と、メモリと、入出力装置とを含む情報処理装置であって、前記情報処理装置は、

前記中央処理装置の指令に応答して電氣的信号からそれぞれ光信号を生成する光信号発生部と、

前記光信号発生部により生成された光信号を受光部で受け取り伝搬させる光導波路と、

前記光導波路から放出された光ビームを受け取り、電氣的信号に変換することにより前記中央処理装置からの指令を受け取る他の装置と

を含み、

前記光信号発生部は、

ドライバ部と、

前記ドライバ部により駆動される面発光素子と、

前記面発光素子により生成された光ビームを偏向させると共に、前記光ビームに対応して形成された非球面レンズを含む光偏向要素と、

前記偏向された光ビームに対して複数の前記光導波路をカップリングさせるた

めの結合部材と

を含む、情報処理装置。

【請求項 1 3】 前記面発光素子の発光素子が配列される面は、前記受光部の受光面と交差配置とされる、請求項 1 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 4】 前記光導波路は、光ファイバであり、前記光信号は、前記光偏向要素を同一の時間で通過する、請求項 1 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 5】 前記光導波路は、前記情報処理装置の内部配線要素である、請求項 1 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 6】 少なくとも中央処理装置と、メモリと、入出力装置とを含む情報処理装置における信号転送方法であって、前記方法は、

前記中央処理装置の指令により電氣的信号を与えるステップと、

前記電氣的信号から光信号発生部において、複数の光信号を発生するステップと、

前記光信号発生部により生成された光信号を受光部を介して光導波路内を伝搬させるステップと、

前記光導波路から放出された光信号を受け取り、電氣的信号に変換することにより前記中央処理装置からの指令を他の装置に入力するステップとを含み、

前記光信号発生ステップは、

前記電氣的信号に応答して面発光素子を駆動させ光信号を生成するステップと

、

前記光信号に対応して形成された非球面レンズを含む光偏向素子により、前記光ビームの伝搬方向を 9 0 ° 偏向させるステップと、

前記偏向された光ビームを、前記光ビームに対応して形成された非球面レンズを介して複数の前記光導波路にカップリングさせるステップと

を含む、信号転送方法。

【請求項 1 7】 前記光ビームを偏向させるステップは、さらに、

前記発光素子からの光ビームに対応する前記非球面レンズにより、前記非球面レンズの光学軸を中心として異なる複数の屈折を生じさせるステップを含む、請求項 1 6 に記載の信号転送方法。

【請求項 18】 光ビームを情報処理装置内部において偏向させる光リンク・モジュールに使用されるプリズムであって、

前記プリズムは、少なくとも 2 つの前記光ビームが通過する光学面と、
前記光学面に形成された非球面レンズと
を含むプリズム。

【請求項 19】 前記非球面レンズは、半径の異なる同軸の複数の球面を含む、請求項 18 に記載のプリズム。

【請求項 20】 光ビームを情報処理装置内部において偏向させる光リンク・モジュールに使用され、複数の非球面レンズを含むプリズムの製造方法であって、該製造方法は、

平面と複数の非球面形状の凹部とを少なくとも含む複数の面と、前記複数の面を連結する連結面とを含む金型を提供するステップと、

前記金型内部に画成される空間内にプラスチック材料を導入するステップと、
前記プラスチック材料を固化させて少なくとも 2 つの光学面に非球面レンズが形成されたプリズムを得る段階と

を含み、

前記金型を提供するステップは、前記金型の表面に小径の切削工具を回転軸から傾斜させつつ小径の凹部を形成するステップと、

大径の切削工具の回転軸を前記小径の凹部の中心軸と一致させながら、大径の凹部を形成するステップと

を含む製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、情報処理装置における光を使用した情報伝達に関し、より詳細には、発光素子から放出される光線を高効率かつ体積的にコンパクトにリンクさせることを可能とする、光リンク・モジュール、光接続方法、該光リンク・モジュールを使用した情報処理装置、情報処理装置における信号転送方法、光リンク・モジュールに使用されるプリズムおよびその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

近年の情報処理技術の進歩とともに、情報処理装置の筐体間や筐体内の通信の容量と速度は飛躍的に進歩している。ごく近い将来には、1枚のプロセッサ・ボードから送出される通信の要求速度は、1 T b p s を超えるようになり、従来の信号通信方式ではカード・エッジに情報通信を行うためのコネクタが載りきらなくなることが予測される。この場合、転送速度は、1チャンネルあたり符号化前で数 G b p s になることが予測される。

【0 0 0 3】

このような場合に、情報転送速度および容量が大きな光リンクを使用する信号通信は、きわめて効果的に上述した不都合を改善することができると考えられる。しかしながら、従来までの光リンク・モジュールは、主としてインターネットや電話など中・長距離用途であるために、チャンネル数もコンピュータ用との場合と比べて圧倒的に少なく、大きな装置を使った数 1 0 G b p s 以上の高速変調でファイバ1チャンネルのみを内臓するリンク・モジュールが主として開発されてきたのが実情である。

【0 0 0 4】

上述した用途に使用されるファイバは、長い距離にわたってモード分配雑音 (Mode partition noise) を低く抑え、高い伝送レートを確保する必要性から、コア径が $5\ \mu\text{m}$ ほどのシングルモード・ファイバを用いる必要があった。またレーザー・ダイオードも長距離にわたって光を伝送する必要性から、高出力のものが要求される結果、端面発光型 (Edge emitting laser) が使用される。このためレーザー・ダイオードの発光部の径についても $1\ \mu\text{m}$ 以下の径となり、組立てに際してはアクティブ・アライメントとして参照されるように、必ず光軸の位置合わせ調整が必要であり、組立てコストも高いものになっている。

【0 0 0 5】

一方で、マイクロ・コンピュータや、サーバ、メインフレーム、スーパー・コンピュータ、超並列処理型のコンピュータといったようなコンピュータなどの情報処理装置用途では要求がまったく異なる。情報処理装置の内部において必要と

される伝送距離は、長距離通信の場合とは異なり、数10cmから数mと極小である。このことは、光ファイバとして、廉価なマルチモード・ファイバで高速伝送の帯域が充分保証される。反面、回路基板上に高密度実装するため個々の部品は極めてコンパクトであることが必要とされる。また回路基板内での集積回路の間の信号は、そのまま回路基板間で伝送されることも想定されるので、1チャンネルあたりのスループットよりは、時間遅延、すなわちレイテンシの小ささが要求される。一方、必要とされる変調速度としては、半導体要素としてCMOS論理ICを駆動可能な範囲の10Gbps程度となることが想定される。加えて、多数並列にすることを考慮すれば、1チャンネルあたりのコストを著しく低く抑えるという要請が生じる。

【0006】

さらに、近年VCSEL (Vertical Cavity Surface Emission Laser) と呼ばれるウェーファ基板面に垂直に光を出射するLD (レーザ・ダイオード) が開発・市販され、2次元的に並列に集積することが可能になった。一方、受光部は、概ねフォトダイオード、フォト・トランジスタといった光電変換素子から形成される受光素子(Photo Detector、以下、本発明では、PDとして参照する。)を含んで構成されている。PDは、光を面で受けるので、従来から2次元的に集積できる技術が提案されていた。より詳細には、VCSELは、5～10 μ m程の径の点状発光素子の2次元配列として構成され、10Gbps以上程度まで直接オン／オフ変調させることができる。また、従来のように、結晶の劈開を使用して出射端を作るエッジ・エミッション型のレーザ・ダイオードよりも大量に廉価に生産できるというメリットも有している。さらには、VCSELは、コア径50 μ mのグレーデッド・インデックス型のマルチモード・ファイバに直接対向させるだけでも充分な光結合効率を得ることができ、コネクタの低価格化を実現できることも知られている。

【0007】

また10Gbpsを100mまで帯域特性を低下させることなく、転送することができ、コア径50 μ mのグレーデッド・インデックス型のマルチモード・ファイバが量産化され、それを並列に束ねたりボン状のファイバ束も知られている

。このリボン状のファイバ束を更に何枚か重ねて並列度を上げたファイバ束を相互に接続するための2次元ファイバ・アレイ・コネクタも標準化が進んできている。

【0008】

情報処理装置の配線要素として使用する場合のコンパクト化という要請を考慮すれば、カード・エッジに光リンク・モジュールを載せて光ファイバを着脱する構成を採用することが好ましい。このためには、光ファイバ束の着脱方向は、回路基板面に水平に構成する必要がある。即ち2次元並列に並んだ光ファイバの端面は、回路基板面に垂直にすることが好ましい。これに対してLDやPDの2次元配列で集積されたICは、ボード面と平行（水平）に載置されるので、光ファイバと、LD/PDとが結合するためには光を直角に曲げる光偏向要素（optical turn）が必要とされることになる。

【0009】

また、光ファイバ束の着脱方向を回路基板に垂直にして光ファイバのフレキシブル性を利用して曲げることにより、LDとPDとを直接接続することもできる。しかしながら、光ファイバを曲げるには通常では、30cmの曲率半径を必要とするので、回路基板を多数並べるラックが高高くなり、近年における情報処理装置の小型化、省スペース化という要請に対応することが困難となる。さらには、上述した光ファイバの柔軟性を使用したリンク方法は、本来目指していた高密度実装による信号伝送距離の短縮による高速化を達成することができないという不都合を生じる。

【0010】

上述した情報処理装置のための並列光ファイバ束を含む光リンク・モジュールとして、特開2001-242358号公報では、1次元並列の電気リカル・ターン式のリンク・モジュールが開示されている。特開2001-242358号公報において開示された1次元並列での光リンク・モジュールは、光ファイバが、12チャンネル分並列に配置されて、1列の構成とされている。また、特開2001-242358号公報においては、VCSELアレイICやPDアレイICを垂直に立て、水平に置かれたドライバICやアンプICとフレキシブル配

線で、または太くて厚い銅配線パターンの端面にワイヤ・ボンディングで接続した光リンク・モジュールが開示されている。

【0011】

この場合、並列配列が1列または2列の場合に限って言えば、1チャンネルあたり $250\ \mu\text{m}$ の間隔があるのでフレキシブル・ケーブルにパターンを形成することが可能ではある。しかしながら、特開2001-242358号公報に開示の光リンク・モジュールは、電氣的に屈曲可能な配線パターンを形成することができなくなるといった問題が生じ、さらにはフレキシブル・ケーブルを回り込むように曲げて空間中にLD/PDのICの4辺に接続する方式は、組み立てが困難であるし、高周波特性が悪くなるという不都合を生じることになる。

【0012】

さらに、1チャンネル分の光ビームを、プリズムあるいは鏡を用いて偏向させる技術も知られており、種々の検討が行われている。例えば、特開2000-321453号公報、特開2001-141966号公報、特開平9-307134号公報、特開平7-202350号公報には、特別にプリズムを置かなくても、光ファイバ端面を、光ビームの伝搬方向に対して 45° に切断することにより、プリズムの全反射面と同じ作用を奏することを利用して、光導波路で光ファイバ端部まで導く方法が開示されている。

【0013】

また、特開平8-29161号公報には、レンズ付プリズムが開示されており、組み立て時の位置合わせが簡略化させている。しかしながら、開示された光偏向要素は、1次元ファイバ・アレイであり、各チャンネル間の光路差が一定であり、かつ光出射端から光入射端までの距離も短くできるため、使用する光学要素に特に留意する必要はない。しかし2次元ファイバ・アレイと2次元発光・受光素子とを光結合させる場合には、三角プリズムの直交する2つの面が2次元レーザ・ダイオード・アレイに対向するため、そのアレイと同一の大きさを持つ必要がある。このことはn列の2次元アレイの場合は、光の通過する距離が1次元アレイの場合よりもn倍長くなることを意味し、従来の技術をそのまま適用すれば、肉厚レンズの結像条件を満足する範囲では、光学要素を実現することができない。

といった不都合がある。

【0014】

これ以外にも、特開平7-261060号公報では、二組の2次元ファイバ・アレイ間をプリズムとホログラム光学系とを組み合わせで結合する「光パッケージ」が開示されている。しかしながら特開平7-261060号公報においては、上述の機能を達成する光パッケージは概念的に開示されているにすぎず、どのようなホログラムを用いればよいか、また結合効率の値などの評価もなされていない。また、特開平7-261060号公報に開示の光パッケージは、シミュレーションなどによる結合効率の評価も開示されるものではなく、実際に適用した場合の効果については何ら具体的な開示はなされていない。

【0015】

上述した問題をレンズ・アレイを用いずに、プリズムのみで対応しようとしてみても以下に説明する不都合が生じる。すなわち、2次元配列に対してプリズム（鏡でも同じ）をそのまま用いて光偏向要素(optical turn)を構成しようとする、後述するように、隣接するチャネルへのクロストークが生じ、また光線のパワーを大きく損失することにもなる。その主な理由は、LDからの出射光は、VCSEL開口部での回折により、少なくとも片側で 8° 以上広がるので、光ビームは、片側 $10 \sim 20^{\circ}$ の広がりを持つ。さらに、ファイバからの出射光は、マルチモードなのでファイバのNAで定まる角度（ $50 \mu\text{m}$ コアでは公称 $\text{NA} \div 0.2$ なので片側 12° で約10%の強度）に広がるためである。これが12並列 \times 5列の5列分の距離を渡っていかなければならないとすると、隣接するチャネルにまで光束が広がってしまうこととなり、情報処理装置における信号配線要素にそのまま適用することができるものではない。

【0016】

図14には、上述した不都合を、入射面および反射面の両方ともプリズムのみを使用する場合の、例示的な光束の反射挙動を示す。図14は、12並列 \times 5列のファイバ端とLD/PDとを単純な直角プリズムで結合した場合を光線追跡(ray tracing)でシミュレーションしている。図14では、送信チャネル(TCH)および受信チャネル(RCH)それぞれ1チャネル分ずつのレイトレースを概

略的に示す。プリズム 200 の下端にプリズムに近接して 5 個の $50\ \mu\text{m}$ 口径の光ファイバ OF の端面が $250\ \mu\text{m}$ ピッチで並んでいるものとしてレイトレースを行っている。

【0017】

一方、受信チャネル RCH では、光ファイバ OF から上向きに光が出て、 45° 面で大部分全反射し、プリズム左端にほぼ隣接して配置された口径 $40\ \mu\text{m}$ の PD (フォト・ダイオード) に入るものとされている。なお、図 14 では目標の PD に入った光線はその地点で止めてある。

【0018】

図 14 に示されるように、多くの光が目標となる PD を逸れ、 $250\ \mu\text{m}$ 上側の隣の PD にも入射していることが分かる。また、送信チャネル TCH では、プリズム左端にほぼ接して置いてある口径 $6\ \mu\text{m}$ の LD から右向きに出た光が広がって、 45° 面で反射してから下面右から 2 番目の目標の光ファイバ OF に入るものとしている。送信チャネル TCH においても受信チャネル RCH 側と同様に、多くの光が目標から逸れて迷光を形成し、 $250\ \mu\text{m}$ 右側の隣の光ファイバにも入射してしまうことが分かる。

【0019】

このようなクロストークを避けるべく、光ファイバや PD の並列配置のピッチを広げ大型化しても、その分、光束が伝搬して行かなければならない距離が増えることや、結合効率の低さといった不都合のため充分に対応することができない。また、ファイバ端、PD、LD をプリズムから離すと、空气中 (屈折率 = 1 でプリズムより屈折率が低い) を進行する距離が長くなるのでより特性の劣化を生じさせることにしかならないという不都合を生じてしまう。

【発明が解決しようとする課題】

したがって、これまで、上述した不都合を改善することができる 2 次元並列ファイバ・アレイのための光リンク・モジュール、該光リンク・モジュールを使用する光接続方法、および該光リンク・モジュールを含む情報処理装置が必要とされていた。すなわち、本発明の目的は、2 次元光レーザ・アレイと 2 次元光ファイバ・アレイおよび、2 次元面受光素子・アレイと 2 次元光ファイバ・アレイを

光学的に結合させる安価な光リンク・モジュールを実現することにある。

【0020】

さらに、本発明の目的は、プリズムの直交する2つの面に、それぞれ2次元レンズ・アレイを有する新しい光部品において、高い結合効率、無視できるクロストークやチャンネル間の時間差を実現するための光接続方法を提供することにある。加えて、本発明のさらに他の目的は、上述した光リンク・モジュールを配線要素として使用する情報処理装置を提供することにある。さらに、本発明は、情報処理装置において信号転送を光ファイバを使用して行うことを可能とする、情報処理装置における信号転送方法を提供することを目的とする。

【0021】

さらに本発明の他の目的は、上述した光リンク・モジュールに使用することができるプリズムおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上述した従来技術の不都合を詳細に検討した結果、チャンネル間のクロストークは、ビーム状に入射するレーザ光線に対応する、レンズの面における球面収差(Spherical aberration)が主要な要因であることを見出すことによりなされたものである。すなわち、本発明においては、プリズムの面に形成される個々のレンズを非球面レンズとして構成することにより、特にチャンネル間のクロストークを効果的に低減することができると共に、受信チャンネルおよび送信チャンネルのいずれについても結合効率を改善することにより、高い効率で光ビームを接続することを可能とする多チャンネルの光リンク・モジュールを構成する。

【0023】

非球面レンズは、複数の球面レンズを連続させた形状の表面を有しており、外側部分を、半径の大きな球面とし、内側部分を、半径の小さな球面とした非球面レンズを使用する。上述した構成は、コンパクト化において要求される短い焦点距離を達成させつつ、チャンネル間のクロストークを減少させ、さらに光ビームの高い接続効率を与える。さらに、本発明の光リンク・モジュールは、情報処理装置における、高速で、柔軟性に優れ、熱特性に対して安定性に優れる配線要素を

提供する。

【 0 0 2 4 】

上記目的のため、本発明においては、光ビームを偏向させて接続するための光リンク・モジュールであって、該光リンク・モジュールは、
面状に配列された発光素子と、
前記発光素子からの光ビームを受け取るための光導波路と、
前記発光素子と前記光導波路との間に配設され、前記発光素子および前記光導波路の数にそれぞれ対応して形成された複数の非球面レンズを含む光偏向要素とを含む光リンク・モジュールが提供される。

【 0 0 2 5 】

本発明の前記光偏向要素は、プリズムであり、前記非球面レンズは、半径の異なる同軸の複数の球面から構成される。本発明における前記発光素子は、レーザ・ダイオードまたは発光ダイオードである。さらに、前記光導波路は、光ファイバである。さらに、前記発光素子の配列された面と、前記光導波路の入射面とが、交差配置とされる。また、本発明においては、前記非球面レンズは、前記光偏向要素の光学面から外部に突出して形成された凸レンズとされる。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 2 の構成によれば、複数の並列した光ビームを偏向させて発光素子からそれぞれ前記光ビームに対応する受光部へと接続する光接続方法であって、該方法は、

面状に配列された発光素子を提供するステップと、
前記発光素子からの光ビームを受け取るための受光部を提供するステップと、
前記発光素子と前記光導波路との間に配設され、前記発光素子および前記光導波路の数にそれぞれ対応して形成された複数の非球面レンズを含む光偏向要素を使用して、前記光ビームを前記発光素子と前記受光部との間で偏向させるステップとを含む光接続方法が提供される。

【 0 0 2 7 】

本発明における前記光ビームを偏向させるステップは、さらに、

前記発光素子からの光ビームに対応する前記非球面レンズにより、前記非球面レンズの光学軸を中心として異なる曲率の屈折を生じさせるステップと、

前記異なる曲率の屈折を経た光ビームを反射させ、対応する非球面レンズにより曲率の異なる屈折を生じさせるステップと、を含む。さらに、本発明における前記光ビームを、レーザ・ダイオードまたは発光ダイオードを使用して生成させるステップを含む。さらに、前記受光部を、光ファイバの端面またはフォトダイオードの受光面で構成するステップを含む。さらに、本発明の光接続方法では、前記受光部までの光ビームの時間遅延が、複数の光ビームに対して同一とすることができる。

【0028】

さらに、本発明の第3の構成によれば、少なくとも中央処理装置と、メモリと、入出力装置とを含む情報処理装置であって、前記情報処理装置は、

前記中央処理装置の指令に応答して電氣的信号からそれぞれ光信号を生成する光信号発生部と、

前記光信号発生部により生成された光信号を受光部で受け取り伝搬させる光導波路と、

前記光導波路から放出された光ビームを受け取り、電氣的信号に変換することにより前記中央処理装置からの指令を受け取る他の装置と

を含み、

前記光信号発生部は、

ドライバ部と、

前記ドライバ部により駆動される面発光素子と、

前記面発光素子により生成された光ビームを偏向させると共に、前記光ビームに対応して形成された非球面レンズを含む光偏向要素と、

前記偏向された光ビームに対して複数の前記光導波路をカップリングさせるための結合部材と

を含む、情報処理装置が提供される。

【0029】

本発明における前記面発光素子の発光素子が配列される面は、前記受光部の受

光面と交差配置とされる。また、前記光導波路は、光ファイバであり、前記光信号は、前記光偏向要素を同一の時間で通過することが好ましい。前記光導波路は、前記情報処理装置の内部配線要素とされる。

【0030】

本発明の第4の構成によれば、少なくとも中央処理装置と、メモリと、入出力装置とを含む情報処理装置における信号転送方法であって、前記方法は、

前記中央処理装置の指令により電氣的信号を与えるステップと、

前記電氣的信号から光信号発生部において、複数の光信号を発生するステップと、

前記光信号発生部により生成された光信号を受光部を介して光導波路内を伝搬させるステップと、

前記光導波路から放出された光信号を受け取り、電氣的信号に変換することにより前記中央処理装置からの指令を他の装置に入力するステップとを含み、

前記光信号発生ステップは、

前記電氣的信号に応答して面発光素子を駆動させ光信号を生成するステップと、

前記光信号に対応して形成された非球面レンズを含む光偏向素子により、前記光ビームの伝搬方向を 90° 偏向させるステップと、

前記偏向された光ビームを、前記光ビームに対応して形成された非球面レンズを介して複数の前記光導波路にカップリングさせるステップと

を含む、信号転送方法が提供される。

【0031】

本発明において前記光ビームを偏向させるステップは、さらに、

前記発光素子からの光ビームに対応する前記非球面レンズにより、前記非球面レンズの光学軸を中心として異なる複数の屈折を生じさせるステップを含む。

【0032】

本発明の第5の構成によれば、光ビームを情報処理装置内部において偏向させる光リンク・モジュールに使用されるプリズムであって、

前記プリズムは、少なくとも2つの前記光ビームが通過する光学面と、

前記光学面に形成された非球面レンズと
を含むプリズムが提供される。本発明における前記非球面レンズは、半径の異なる同軸の複数の球面を含むことができる。

【0033】

本発明の第6の構成によれば、光ビームを情報処理装置内部において偏向させる光リンク・モジュールに使用され、複数の非球面レンズを含むプリズムの製造方法であって、該製造方法は、

平面と複数の非球面形状の凹部とを少なくとも含む複数の面と、前記複数の面を連結する連結面とを含む金型を提供するステップと、

前記金型内部に画成される空間内にプラスチック材料を導入するステップと、
前記プラスチック材料を固化させて少なくとも2つの光学面に非球面レンズが形成されたプリズムを得る段階と

を含み、
前記金型を提供するステップは、前記金型の表面に小径の切削工具を回転軸から傾斜させつつ小径の凹部を形成するステップと、

大径の切削工具の回転軸を前記小径の凹部の中心軸と一致させながら、大径の凹部を形成するステップと

を含む製造方法が提供される。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図面に示した特定の実施の形態をもって説明するが、本発明は図面に示した実施の形態に限定されるものではない。図1は、本発明の光リンク・モジュールを構成するプリズムの実施の形態を示した図である。本発明の光リンク・モジュールに使用するプリズム10は、光線の入出力のための光学的界面を与えるための入射面12と、出力面14と、入射された光線を主に反射させる機能を有する反射面16とを含んで構成されている。

【0035】

入射面12と、出力面14とは、説明の便宜上使用する用語であり、入射面12、出力面14のいずれもが互いに出力面および入射面として機能しうる構成と

されている。また、プリズムの材質は、本発明においては特に限定されるものではなく、石英ガラス、水晶、ナトリウム・ガラス、ホウケイ酸ガラス、その他、金属を添加した高屈折率ガラス、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂など、種々の材料を使用することができる。また、本発明における他の態様としては、光偏向要素としては、立体的なプリズム以外にも、ホログラフィック・グレーティング、フレネル・レンズなど、本発明の作用効果を得ることができる範囲で、いかなる光偏向要素を使用することができる。

【0036】

入射面 12 および出力面 14 の光学面には、ビーム状に入射される、例えば半導体レーザまたは発光ダイオードといった発光素子のビーム径に対応する曲面が連続して形成されていて、ビーム状の光線をそれぞれ集光させることができる形状とされている。図 2 は、図 1 に示した入射面 12 および出力面 14 の光偏向機能を概略的に説明した図である。図 2 においては、入射面 12 に対し、曲面 18 の径に概ね対応する径の光ビームが入射されているのが示されている。通常では、半導体レーザや、光ファイバ端面などからは、光ビームは、上述したように拡散されて放射される。このため、曲面 18 へと入射した光線 L は、概ねコリメートされるように屈折し、反射面 16 により反射されて、出力面 14 へと到達する。光線 L は、出力面 14 に形成された曲面 20 により収束されて、概ね所定の焦点位置、例えば垂直または垂直以外の適切な角度、例えば Brewster 角でカップリングする構成とされた光ファイバの端面または PD の受光面として構成される受光部 22 に向かって収束される構成とされている。

【0037】

図 2 に示したように、入射面 12 および出力面 14 の曲面 18、20 は、プリズムを使用して光リンク・モジュールを構成する点からは、小型化を達成するためにできるだけ焦点距離を小さくすることが必要とされる。一方で、焦点距離を短くすることは、曲面 18、20 の曲率を大きくすることに対応する。本発明者らは、鋭意検討を加えた結果、曲面 18、20 の球面収差が図 1 および図 2 に示したプリズムを使用する場合のチャネル間クロストークを与える主要な要因であ

ることを見出した。このため、小型化を行う際には幾何光学における球面収差を考慮することが必要となる。球面収差を抑制するためには、使用する曲面 18、20 の半径をできるだけ大きくすることが好ましいものの、全面にわたり半径を大きくすることは、焦点距離を長くすることになってしまい、高集積化の要請に添うことができない。このため、本発明においては、曲面 18、20 を非球面レンズとして構成した。

【0038】

図 3 は、図 2 の破線で示した曲面 18 の構成を拡大して示した図である。本発明においては、曲面 18 と曲面 20 とは、本発明の効果が達成される限りにおいて、同一の形状とすることもできるし、異なる形状とすることもできる。図 3 に示すように、本発明のプリズムに形成される曲面 18 は、光学軸 A を中心とした対称な形状とされており、光学軸 A を横切って構成される曲面 18 a と、曲面 18 a を取り囲んで構成される曲面 18 b とから構成されている。曲面 18 a の半径 R_1 は、曲面 18 b の半径 R_2 よりも小さく形成されていて、曲面 18 の内側に向かってより強い凸形状を与える構成とされている。

【0039】

本発明の具体的な実施の形態においては、曲面 18 の外縁を形成する曲面 18 b の大きさ D を、ファイバ間隔の概ね $1/2$ とすることにより、効率的で高密度の実装を行うことができることが見出された。より具体的に説明すると、例えば、ファイバ間隔が $250\ \mu\text{m}$ の場合には、曲面 18 b の大きさ D を $125\ \mu\text{m}$ とし、曲面 18 a の大きさ d を、 $80\ \mu\text{m}$ とすることで、良好な結合効率および低クロストーク性を与えることができることが見出された。しかしながら、本発明の他の好適な態様として、例えばホログラフィック・グレーティングや、フレネル・レンズを使用する場合などには、レンズの半径や、曲率に変えて、上述した以外の同等の作用効果を得ることができるパラメータを選択することができる。

【0040】

図 4 は、レイトレースのシミュレーションで 2 種類のレンズの半径を変化させた場合に、光ファイバから放出された光が、プリズムに光学的に結合されたレンズを 2 回通過して、受光器に入射する場合の結合効率を、シミュレーション計算

を行って得られたグラフ図である。シミュレーションにおいては、小さいレンズの半径と大きいレンズの半径を、それぞれ $130\ \mu\text{m}$ ~ $190\ \mu\text{m}$ まで 5 ミクロン刻みで変化させた場合のすべての組み合わせに対してしている。図 4 (a) および図 4 (b) に示したグラフは、どちらも同じ計算により得られたグラフであるが、本発明のプリズムの構成による効果をより明確に示すため、視点を概ね 90° ずらして変化の態様を示したものである。図 4 中、符号☆で示された位置が共通する座標軸である。

【0041】

図 4 のグラフでメッシュ交点の縦軸方向の座標の値は、結合効率 1.00 を縦軸の長さの 100% とした場合の結合効率として、0.5 から 1 の範囲として示されている。図 4 (a)、(b) に示されるように、本発明においては、結合効率は、最高 0.91 から、最低の 0.54 の値という値が得られた。なお、図 4 で底面の平坦になった部分は、内側のレンズの半径が外側のレンズの半径より大きい範囲であり、単純な球面レンズよりも結合効率が悪くなるので省略して示している。

【0042】

図 4 の座標軸の絶対値を説明すると、図 4 (a) において、左上コーナは、(小さいレンズの半径、大きなレンズの半径) で示すと、(190、190) であり、右下コーナは、(130、130) であり、右上コーナ (130、190) である。図 4 (b) では、左コーナ ($190\ \mu\text{m}$ 、 $190\ \mu\text{m}$)、右コーナ ($130\ \mu\text{m}$ 、 $130\ \mu\text{m}$)、奥側コーナ ($130\ \mu\text{m}$ 、 $190\ \mu\text{m}$) である。また、図 4 (a) の左上コーナから右手前コーナを結ぶ対角線上の計算点は、内側と外側のレンズの半径が等しいため、通常の単球レンズの場合の結合効率を与える。

【0043】

図 4 に示すように、2 種類の球面の曲率の組み合わせに応じてプリズムについたレンズに入射した光線が再度レンズを通過して受光器に入射する場合の結合効率が大きく変化することが示される。一方 VCSEL から出た光が、プリズムに形成されたレンズを 2 回通過して、光ファイバに入射する場合の光結合の効率も

ほぼ同様に变化するので、図 4 に示した結合効率を使用することにより、必要な結合効率を得ることができる。したがって、本発明においては、2 種類の球面の組み合わせを光ファイバ・受光器間の結合効率が最も大きくなる領域で、かつレンズ半径の誤差、プリズムの大きさや角度、光デバイス・アレイや、ファイバ・アレイとレンズまでの距離の誤差などの影響が少なくなるように、適宜特定の用途に応じて選択することができる。

【0044】

本発明の特定の実施の形態において、内側に配置される半径の小さなレンズと、外側に配置される半径の大きなレンズとの最も好ましい組み合わせは、内側レンズの半径が、 $135\mu\text{m}$ の場合で、外側レンズの半径が $155\sim 165\mu\text{m}$ であり、内側レンズの半径が $140\mu\text{m}$ の場合で、外側レンズの半径が、 $155\sim 170\mu\text{m}$ であり、内側レンズの半径が $140\mu\text{m}$ で、外側レンズの半径が $155\mu\text{m}\sim 170\mu\text{m}$ の組み合わせの範囲で、 $0.90\sim 0.91$ の最も良好な結合効率が得られることが示された。

【0045】

さらに、好ましい組み合わせは、内側レンズの半径が $135\mu\text{m}$ 、外側レンズの半径が $145\sim 150\mu\text{m}$ であり、内側レンズの半径が $135\mu\text{m}$ で、外側レンズの半径が $145\sim 150\mu\text{m}$ であり、内側レンズの半径が $135\mu\text{m}$ で外側レンズの半径が $170\sim 175\mu\text{m}$ 、内側レンズの半径が $140\mu\text{m}$ で、外側レンズの半径が $150\mu\text{m}$ 、内側レンズの半径が $140\mu\text{m}$ で、外側レンズの半径が $175\sim 185\mu\text{m}$ 、内側レンズの半径が $145\mu\text{m}$ 、外側レンズの半径が $155\mu\text{m}\sim 165\mu\text{m}$ 、内側レンズの半径が 145 ミクロンで、外側レンズの半径が $175\sim 180\mu\text{m}$ 、内側レンズの半径が $150\mu\text{m}$ で、外側レンズの半径が $165\sim 180\mu\text{m}$ のそれぞれの組み合わせにおいて、 $0.86\sim 0.89$ の範囲の良好な結合効率が得られることがわかった。

【0046】

上述した値は、レンズ半径の組み合わせを $5\mu\text{m}$ を単位として得たものであり、さらには特異的な挙動を示す特異点も図 4 には見られない。このため、上述した内側レンズの半径の最小値から最大値までの間および外側レンズの半径の最小

値から最大値に至るまでの連続的な値の組み合わせにおいて、本発明の効果が得られることがわかる。一方、同様の検討の結果、通常の単球面レンズは、図4の対角線上の計算値となり、0.54～0.83の低い結合効率しか与えないことがわかる。また後述するように、球面収差のため、迷光も多く、本発明の目的においてクロストークを低減させることが必要な用途には使用できないことがわかった。

【0047】

また、上述した検討においては、ファイバ・アレイにおけるファイバ数を250 μ m間隔であるものと仮定したが、本発明においては、数値的に比例関係にある限り、いかなるファイバ数にでも対応することができる。上述した非球面レンズをプリズムの入射面12および出力面14に形成することにより、2次元ファイバ・アレイを光偏向要素を形成することができる。この光偏向要素を利用することにより、コンパクトで、クロストークの少ない高効率の光リンク・モジュールに用いることが可能となる。

【0048】

図5には、本発明により入射面12および出力面14に非球面レンズが隣接して形成されたプリズムによる光ビームのレイトレース・シミュレーション実験の結果を示す。図5(a)が、本発明のプリズムを使用した場合のレイトレース・シミュレーション実験の結果を示した図であり、図5(b)が、球面レンズを入射面12および出力面14に形成したプリズムのレイトレース・シミュレーション実験の結果を示した図(比較例)である。なお、シミュレーションは、入射面または出力面の一方に、それぞれOFまたはLDを配置する構成として行ったが、図5では、説明の簡略化のため、それぞれLD-OF、OF-LDの例示的な光路のみを選択して示している。図5に示すように、下側の光ファイバOFの端面から上向きに射出して左のPDに向かう受信チャネルと、左のLDから右向きに射出して下の光ファイバの端面へと向かう送信チャネルが、2次元断面に平行投影して描かれている。プリズムの45°面から外に漏れている光束は全反射条件を満たさなかったものである。

【0049】

図5 (a) に示すように、本発明のプリズム10は、入射光ビーム束22が非球面レンズ24で収束された後、反射面16で反射され、再度非球面レンズ26で収束されているのが示されている。一方、図5 (b) では、プリズム28に入射した入射光ビーム束22は、球面レンズ30で一旦収束された後、反射面16により反射され、さらに球面レンズ32で収束されているのが示されている。

【0050】

光ファイバの端面はプリズム端より $330\mu\text{m}$ 、LD、PDもプリズム端から $330\mu\text{m}$ 離れて配置されている。これらはプリズム（レンズ）への入射地点で隣のチャネルのレンズへ侵入してしまわないための条件（ファイバからの光は、広がりが片側 12° で $470\mu\text{m}$ 、 15° で $373\mu\text{m}$ 、LDからは 20° で $335\mu\text{m}$ ）を満たしており、かつ光学的な要請を満たす対称的な位置にあるものとしてシミュレーションを行った。

【0051】

ファイバからの出射光は光軸から 12° の出射角で10%の強度になるようなガウス分布を仮定している。LDからの出射光は測定値に合わせて、光軸から 10° で50%の強度（ただし 7° 以下では平坦で100%になるように変形）のガウス分布を仮定している。表面反射はないとして、受信チャネル（ファイバからPDへ）で88%、送信チャネル（LDからファイバへ）で98%という十分な結合率を得ることができた。プリズムに用いる樹脂の屈折率や、レンズや距離のパラメータ、あるいはレンズの形状を更に最適化すれば、更に高い結合率を得るか、あるいは更にPDの受光径を小さくして通信速度を上げることも可能である。なおファイバへの入射では、ファイバの $\text{NA}=0.2$ 、即ち 12° 、を満たさない入射角の光束に関しては結合率に算入していない。

【0052】

図5 (a) で明らかなように表面反射を無視すれば、受光部（受信機ではPD、送信機ではファイバ）で隣のチャネルへのクロストークは0である。また、プリズム（のレンズ）へ入射する場合も、プリズム（のレンズ）から出射する場合も、隣のチャネルに侵入している光束はない。即ち並列した多数のチャネルが仕切りのないプリズム内の空間を共有しているが、クロストークは発生しない。

【0053】

図5（a）および図5（b）を比較すれば理解されるように、非球面レンズを含んで構成された本発明のプリズム10は、入射光ビーム束22に対応する位置にある出力面において、他の入射ビーム束34の光路への迷光が著しく少ない。一方で、比較例である図5（b）では、球面レンズを含んで構成されたプリズム28は、出力面14における対応する光ビーム束の間における迷光が多く、光リンク・モジュールとして構成した場合には、クロストークが激しいことが示される。

【0054】

すなわち本発明により、非球面レンズを含んで構成されたプリズムは、高い結合効率を与えると共に、クロストークが少なく、小型の光リンク・モジュールを提供することができることが示される。

【0055】

本発明において使用するプリズムは、種々の方法により形成することができるものの、コスト、生産性といった観点からは、上述した構成の非球面レンズが形成されたプリズムは、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレートといったプラスチック材料から、金型を使用する圧縮成形、射出成形を使用して製造することができる。上述した成型技術のためには、精密金型が必要とされる。このため、本発明においては、後述するように金型の製造についても検討を加えた。図6には、本発明のプリズムを成型するための金型の製造工程の一部を示す。

【0056】

本発明の特定の実施の形態において要求されるレンズの球面は、どちらも単純な球面とすることができる。このため本発明のプリズムの製造は、先端が球となったドリル形状の治具を使用する精密加工装置を使用して球面の切削工程のみで製造することが好ましい。この際、上述した治具としては具体的には、ダイヤモンド粉末を含む高硬度セラミックスまたは高強度金属材料から形成される切削工具を使用することができる。

【0057】

図6を使用してさらに本発明のプリズムの製造工程について説明する。まず、

図6 (a) に示されるように、例えば、ダイヤモンド粉末やセラミック粉末が焼結された切削刃を備える切削工具36を、回転軸 R_a を傾斜させつつ、金型金属の金型表面38に当接させて回動させ、回転軸 R_a の延長線上の切削刃の周速の減少を避けつつ、内側の小径のレンズに対応する凹部40を金型に対して切削加工する。次いで、図6 (b) に示されるように、外側の半径の大きいレンズに対応する第2の凹部42を形成するためには、すでに半径の小さなレンズに対応する凹部40が形成されており、回転軸 R_b の延長線上の切削刃の周速の低下を考慮する必要はない。

【0058】

このため、図6 (b) に示されるように、大径の切削刃44を金型表面38に対して直角に当接させて大径の凹部46を切削加工することができる。金型は、上述した処理を必要なレンズ数および配置だけ繰り返すことにより製造することができる。本発明においては、金型は、図6に示した成型面から形成される互いに一端が連結された少なくとも2つの光学面と、これらの光学面のそれぞれ他端を連結する反射面を形成する成型面とを含むようにして構成される。これらの3つの成型面と、対向する側面を形成するための成型面とから、プリズムを形成するための空間を画成(define)する。金型には、プラスチック材料を注入するため、光学的に不活性な面、例えば側面部分に注入孔が形成されている。

【0059】

プリズムの製造に際しては、上述した金型を射出成型機などに配設し、プラスチック材料を注入孔から注入し、プラスチック材料の流動性が、形状を維持することができる温度にまで冷却し、型開きを行って、本発明のプリズムを形成することができる。この際、これまで知られているいかなる離型技術およびバリ取りなどの仕上げ処理を併用することができる。

【0060】

本発明にしたがって形成された金型を使用して、上述のプラスチック成型技術を使用して製造したプリズムは、ファイバ2次元アレイにおける光リンク・モジュールにおいて良好な光結合効率を与え、本発明により、良好な特性の光リンク・モジュールを提供することが示された。

【0061】

図7には、本発明のプリズムを使用してモジュール構成とした光リンク・モジュールを示す。本発明の光リンク・モジュール50は、コネクタ部52と、発光部54と、ドライバ部56と、本発明のプリズム58を含んで構成されている。コネクタ部52は、本発明の光リンク・モジュール50を外部環境から遮断すると共に、垂直方向に後述する光ファイバ束へと光ビームを、パッシブ・アライメントにより結合することを可能とする。

【0062】

発光部54は、本発明の特定の実施の形態においては、2次元的に配置された点状の発光源、例えばレーザ・ダイオードまたは発光ダイオード(VCSEL/PD)のアレイとして構成された面状光源として構成されている。発光部54は、後述する発光素子から生成された2次元に配列された発散光ビーム束を矢線Bの方向へと放出する構成とされている。また、ドライバ部56は、発光部54へと信号および駆動電流を供給するドライバ・トランジスタおよび電流増幅トランジスタを含んで構成された集積回路として構成されている。本発明の特定の実施の形態においては、ドライバ部56に隣接してヒート・シンク60が配置されており、ドライバ部56の発熱を抑制して特性を安定化させているのが示されている。

【0063】

プリズム58の入射面58aと出力面58bには、本発明にしたがって構成された非球面レンズが光ビームに対応して配置されている。プリズム58は、矢線Bの方向に放出される光ビームを、反射面58cで点状の発光源に対応するように矢線Cで示される方向へと偏向させる。また、プリズム58は、出力面58bにおいて再度非球面レンズにより収束させた後、コネクタ部52へと入射させることができる構成とされている。なお、図7に示したプリズム58は、入射面58aおよび出力面58bが直角となるように配置され、かつ入射面58aと出力面58bとの長さが異なる構成とされている。この場合、出力面58cにおけるレイテンシの同一性という点では、図1に示した入射面58aと出力面58bとの長さが等しい実施の形態に対して充分ではないものの、クロストークを低減させつつ、高い結合効率を提供し、パッシブ・アライメントを可能とするという点

では、十分な効果を有するものである。

【0064】

発光部 54 は、さらにレーザ・ダイオードまたは発光ダイオードといった発光素子部 62 と、回路基板 64 とを含んで構成されている。発光素子部 62 は、例えば GaAs、GaAlAs、InGaAsP といったこれまで知られたいかなる活性物質を含んで構成することができ、ハンダ・バンプといった実装方法により回路基板 64 へと接続される。同様に、ドライバ部 56 についても、ドライバ・トランジスタおよび電流増幅トランジスタを含んで構成されるドライバ素子部 66 と回路基板 68 とを含んで構成されており、相互にハンダ・バンプといった実装技術を使用して接続されている。

【0065】

コネクタ部 52 は、上述したように本発明の光リンク・モジュールを外部から遮蔽すると共に、光ファイバ束(optical fiber bundle) 70 へと光ビームをパッシブ・アライメントによりカップリングさせることを可能とさせている。コネクタ部 52 は、内部に例えば光ファイバなどが埋設されていて、プリズム 58 から放出された光ビームをそれぞれ通過させている。コネクタ部 52 と、発光部 54 とは、図示しない位置決め突起と位置決め溝 72 とにより高精度に位置決めされ、かつ電氣的に接続されている。また、コネクタ部 52 および発光部 54 と、プリズム 58 とは、光学的に影響の無い領域において、例えばコネクタ部 52 に形成された位置決め突起 74 と、これに対応してプリズム 58 に形成された図示しない位置決め溝とを使用して位置決めされている。また、発光部 54 と、プリズム 58 との位置決めについても、図 7 に示した実施の形態では、発光部 54 およびプリズム 58 の相互の接触面に対応するようにして形成された図示しない位置決め手段により位置決めされている。また、本発明の他の実施の形態において、後述するプラグが、直接発光部 54 にパッシブ・アライメントを可能とする構成として、例えば位置決め突起や、位置決め溝などを形成させることもできる。

【0066】

図 7 に示した実施の形態では、光ファイバ束 70 の一端には、プラグ 76 が結合されている。このプラグ 76 は、コネクタ部 52 に対して高い精度で位置決め

しつつ連結可能とされている。また、プラグ76のコネクタ52側には、光ファイバが光学的に露出された収容部78が形成されていて、コネクタ部52を通過した光ビームを高い結合効率で受け取ることができる構成とされている。光ファイバ束70の他端は、例えば他の情報処理装置や、同一の情報処理装置内の他のデバイスへと接続されていて、ドライバ部56により駆動された発光部54の光信号を、情報処理装置の内部で転送することができる構成とされている。

【0067】

図8は、本発明において使用することができるプラグ76と収容部78とが連結された状態における詳細な構成を示した正面図である。図8に示されるプラグ76の収容部78には、マルチモードの光ファイバ80が縦方向および横方向に連なって露出されていて、光ファイバ80の数が、発光部52の点状の発光素子に対応する構成とされている。図8に示した特定の実施の形態では、光ファイバ80は、横方向に12列、縦方向に5列の合計60本が互いに隣接して配置されていて、60チャンネルの通信チャンネルを提供している。

【0068】

これらの通信チャンネルは、本発明にしたがい、それぞれ高い結合効率および低いクロストークとされていて、紙面上から下方向へとプリズムから放出される光ビームを受光している。図8に示したプラグ76は、60本のマルチモード・ファイバを使用した実施の形態では、概ね数mmの大きさを形成することができるので、本発明によれば極めて小型でありながら高集積度で、信号配線を構成することができる。また、図8に示したプラグ76には、発光部52に対して位置決めを行うための位置決め突起82が形成されているのが示されている。上述した本発明の光リンク・モジュールを使用した信号配線は、電子などの荷電粒子ではなく光を媒体として使用するので、集積度を高めても発熱などによる信頼性の変動が生じず、また高速のデータ通信を可能とする。

【0069】

図9は、本発明のプリズム90の側面図を、非球面レンズと位置決め突起とを一体成形した他の実施の形態を使用して示した図である。図9に示した本発明のプリズム90は、直角プリズムとして形成されており、また、金型に樹脂を注入

して樹脂成型技術を使用して形成されている。図9に示したプリズム90の実施の形態では、入射面92および出力面94を形成する2つの面は、直角に交差する構成とされて、直角プリズムとして構成されている。また、入射面92および出力面94には、同一形状の非球面レンズ96が、図8に示したプラグ76に対応するように、12×5個配列されている。

【0070】

レンズ配列の両縁部分は光ビームの通路とはならないので、図示しない位置決め手段、例えば位置決め溝や、位置決め突起を形成することができ、図9に示したプリズム90では、プラグ76に形成された位置決め手段に対応する構成として、波線で位置決め溝98と位置決め突起100として示されている。また、図9に示したプリズム90には、さらに光学的に許容される位置に、プリズム90と、LD/PD/プリズム/ファイバの相互距離を確保するための支持要素を形成することもでき、相互の光学的要素の間の距離を一定に保つ構成とすることができる。なお、位置決め突起や、位置決め溝は、それぞれ対応して形成されている限り、いかなる部材に配置することができる。

【0071】

プリズム90には、入射面92および出力面94さらに反射面102の反射特性を改善する目的のため、プリズムの成型加工後に非球面レンズまたはプリズムの入射面、出力面、反射面といった面要素にコーティング（薄膜処理）を施すことができる。上述したコーティングとしてはこれまで知られたいかなるコーティングでも使用することができ、例示的には誘電体多層膜コーティングを適切な反射特性、透過特性を付与するために適用することができる。また、本発明では、主に波長およびコヒーレンスの高いレーザ光を用いるので、必ずしもマルチ・コーティングである必要はない。

【0072】

図10は、本発明の光リンク・モジュールを使用して形成させた面状受光部100の実施の形態を示す。図10に示した面状受光部100は、概ね図7に示した実施の形態と概ね同一の構成とされている。しかしながら、発光素子により発生された光ビームは、矢線Dの方向に光ファイバを伝搬しており、プラグ76お

よび収容部 52 を介して本発明によるプリズム 58 へと入射する構成とされている。プリズム 58 は、図 7 において説明したと逆の光路 B'、C' を通過して、面状に配列された受光素子部 102 の光学的活性部分へと照射される。

【0073】

受光素子部 102 は、例えば、フォトダイオード、ピン・フォトダイオード、アバランシェ・フォトダイオードといった適切な応答性および増幅性を有する要素を含んで適切な回路基板上に半導体技術により形成することができる。また、受光素子部 102 には、トランジスタなどから構成される電流増幅部 104 が接続されていて、図示しない情報処理装置の他のデバイスへと電気的信号を送る構成とされている。

【0074】

図 11 は、本発明において双方向光通信を行うことを可能とする本発明の光リンク・モジュールの実施の形態を示した図である。図 11 の光リンク・モジュール 106 は、概ね図 7 および図 10 で説明したと同様の構成とされているものの、受光素子部 102 と、発光素子部 62 とが、互いに隣接して構成されており、これに対応して、ドライバ部 56 と、電流増幅部 104 とが隣接して形成されている。図 11 に示した双方向光通信を可能とする光リンク・モジュール 106 は、例えば 30 チャンネルを送信チャンネルとし、残りの 30 チャンネルを受信チャンネルとして構成することにより、コンパクトに高速なインターコネクトを提供することを可能としている。

【0075】

図 12 は、本発明の光リンク・モジュールを含む情報処理装置の分解斜視図である。図 12 に示した情報処理装置 110 は、フレキシブル・ディスク、ハードディスク、CD-ROM、といった各種の記憶媒体や、中央処理装置（CPU）、ROM、RAM といったメモリを収容するシャーシ 112 と、このシャーシ 112 を外部から遮断するための筐体 114 とを含んで構成されている。シャーシ 112 には、SCSI ボードなどを搭載することを可能とする拡張ボードを挿入可能なスロット 116 および、各種の回路基板を装着することができるソケット 118 などを含んで構成されている。

【0076】

さらに、本発明の光リンク・モジュール50は、シャーシ内の適切な回路基板と共に、または独立した制御基板として構成されて、シャーシ内の適切な位置に配置することができる。図12に示した実施の形態では、光リンク・モジュール50は、シャーシ112の略中央部に形成されたソケット118に接続されることにより、例えばCPUなどと共に独立した回路基板上に構成されているのが示されている。光リンク・モジュール50は、光ファイバ束120を、情報処理装置110の内部における信号配線や、データ配線、クロック配線といった配線要素に提供することを可能とさせ、光ファイバによる情報処理装置内部の配線要素の高速化およびコンパクト化を可能とさせている。

【0077】

また、図12に示した以外にも、本発明の光リンク・モジュール50からの光ファイバ束120を、情報処理装置110の外部へと引き出して、他の情報処理装置に対して情報を送受信するためのネットワーク・インタフェースとして構成することができ、例えば、LAN、WAN、インターネットといったネットワークを介したグリッド・コンピューティングのための高密度・高速度のネットワーク・インタフェースとして使用することができる。

【0078】

図13には、本発明の情報処理装置110の概略的な機能ブロック図を示す。図11に示された本発明の情報処理装置110は、中央処理装置（CPU）122と、CPU122を駆動させるためのクロック124と、各種のI/O装置126a～126cと、それぞれのI/O装置を介して接続される、ディスプレイ、プリンタなどの入出力装置128と、フレキシブル・ディスク、ハードディスク、CD-ROM、DVDなどを含む記憶装置130と、RAMといったメモリ132と、必要に応じて含まれるネットワーク・インタフェース装置134などを含んで構成されている。さらに、本発明の情報処理装置110は、本発明の光リンク・モジュールを含む光信号発生装置136を含んで構成されている。

【0079】

図13において説明する実施の形態においては、説明を具体的に行うため、C

P U 1 2 2 は、その処理の結果を例えばメモリ 1 3 2 へと記憶させるために出力を行うものと仮定する。しかしながら、本発明においては、光信号発生装置は、情報処理装置 1 1 0 に対して、いかなる構成部分または要素として含ませることができる。C P U 1 2 2 からの書き込み要求および出力信号は、光ファイバ束 1 3 8 を介して電氣的信号として光信号発生装置 1 3 6 へと送られる。また、図 1 3 に示した実施の形態では説明の便宜上、C P U 1 2 2 からの出力を 4 出力として示しているが、本発明においては例えば、6 0 チャンネルの入力も可能であるし、これ以外にもいかなる数の入出力の数にでも対応することができる。

【0 0 8 0】

光信号発生装置 1 3 6 は、コントローラ 1 4 0 と、本発明にしたがって構成された光信号発生部 1 4 2 とを含んで構成されている。コントローラ 1 4 0 は、出力信号を受け取ると、例えばコントローラ 1 4 0 の格納領域に格納されたアロケーション・テーブル 1 4 0 a をルックアップして、C P U 1 2 2 の出力を要求した装置を判断する。説明している実施の形態においては、C P U 1 2 2 は、メモリ 1 3 2 への書き込みを要求しているので、コントローラ 1 4 0 は、メモリ 1 3 2 へと書き込みを行うためのアドレス・ラインおよびデータ・ラインとして割り当てられた発光素子を選択する。その後、選択された発光素子に対して、それぞれアドレス信号およびデータ信号を送信して、それぞれに対応する光信号を光パルスとして発生させる。

【0 0 8 1】

また、本発明においては、通信速度が高くなればなるほど装置間で 1 対 1 対応の通信が行われることが主流となるものと考えられる。この場合には、装置ごとに発光素子や受光素子を割り当てるためのアロケーション・テーブル 1 4 0 a を含ませる構成は必要とされない。

【0 0 8 2】

発生した光パルスは、本発明の非球面レンズを通過して、光ファイバ束 1 4 4 へと送られ、光ファイバ束 1 4 4 を介して I / O 装置 1 2 6 c へと伝搬される。I / O 装置 1 2 6 c は、例えば本発明の図 1 0 に示した面状受光部 1 4 6 を含んで構成されていて、受信した光信号を、対応した電氣的信号へと変換し、メモリ

132の適切なアドレスへと書き込みを行うことができる構成とされている。

【0083】

また、本発明の他の態様では、本発明の図12に示した双方向光通信を可能とする光リンク・モジュールを使用して光信号発生装置136を構成し、さらにI/O装置126a～126dについても図12に示した双方向光通信を可能とする光リンク・モジュールを使用する光信号発生装置136を含ませることができる。説明する本発明の他の実施の形態によれば、入出力装置、記憶装置、メモリ、ネットワーク・インタフェースなどの他の装置からもCPU122に対して光信号を使用した信号の転送を可能とすることで、双方向通信を可能とする光インターコネクトを構成することができる。

【0084】

これまで本発明を図面に示した具体的な実施の形態をもって説明してきたが、本発明は、上述した実施の形態の限定されるものではなく、種々の変更、除外、付加などを含む別の実施の形態として構成しうるものであることは、当業者により理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光偏向要素の断面形状を示した図。

【図2】 本発明の光偏向要素により偏向される光ビームのレイトレースを示した図

【図3】 本発明の光偏向要素に形成される非球面レンズの構成を示した拡大図。

【図4】 本発明の光偏向要素による結合効率をシミュレーションして得られたグラフ図。

【図5】 本発明の光偏向要素におけるクロストークを示したレイトレース・シミュレーションの結果を示した概略図。

【図6】 本発明の光偏向要素を製造するための方法の1つの方法段階を示した図。

【図7】 本発明の光リンク・モジュールの分解斜視図。

【図8】 本発明において使用するプラグの受光部の詳細を示した正面図。

【図 9】 本発明の光偏向要素の詳細な側面図。

【図 10】 本発明の光リンク・モジュールを使用して構成した受光部の実施の形態を示す斜視図。

【図 11】 本発明において双方向光通信を可能とする光リンク・モジュールの実施の形態を示した図。

【図 12】 本発明の情報処理装置の分解斜視図。

【図 13】 本発明の情報処理装置の機能ブロック図。

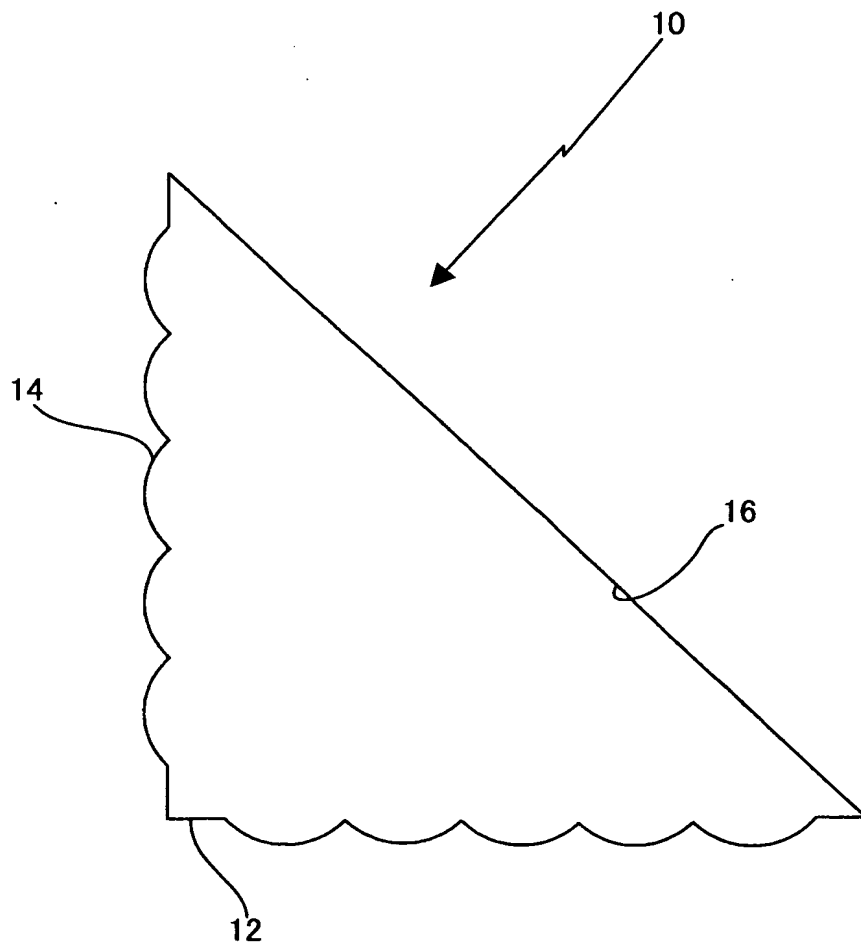
【図 14】 球面レンズを光学面に形成した光偏向要素のレイトレース・シミュレーションの概略的結果を示した図。

【符号の説明】

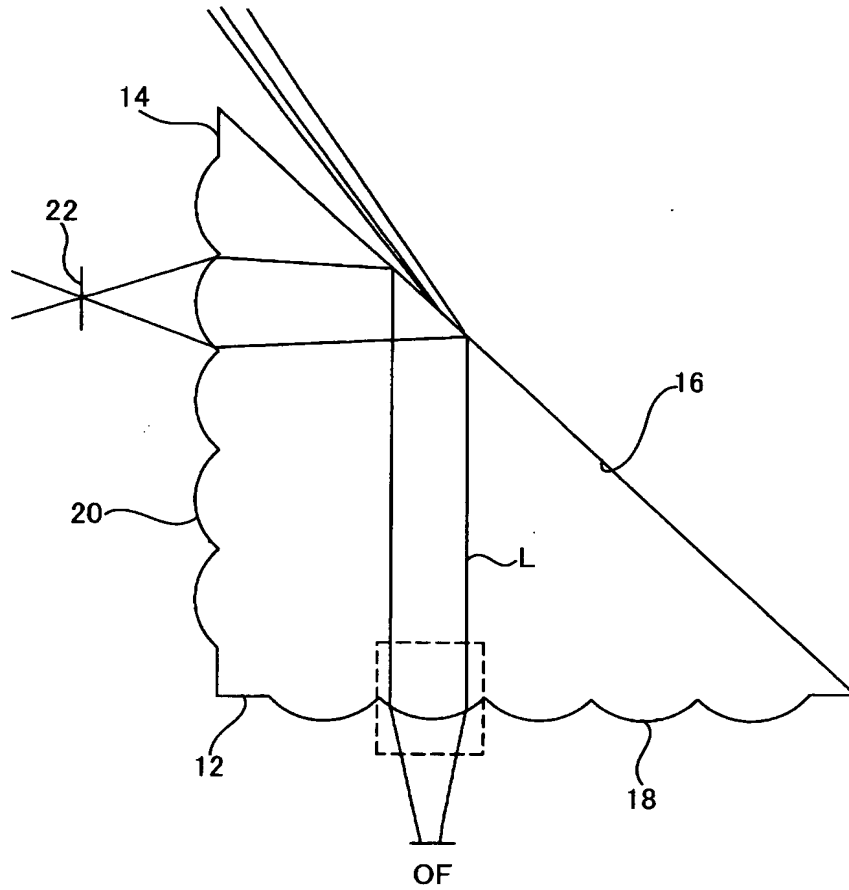
10…プリズム、12…入射面、14…出力面、16…反射面、18、20…曲面、22…受光部、24…非球面レンズ、26…非球面レンズ、28…プリズム、30…球面レンズ、32…球面レンズ、34…入射ビーム束、36…切削工具、38…金型表面、40…凹部、42…凹部、44…小径の切削刃、46…大径の切削刃、50…光リンク・モジュール、52…コネクタ部、54…発光部、56…ドライバ部、58…プリズム、60…ヒート・シンク、62…発光素子、64…回路基板、66…ドライバ素子部、68…回路基板、70…光ファイバ束、72…位置決め溝、74…位置決め突起、76…プラグ、78…受光面、80…光ファイバ端面、82…位置決め突起、90…プリズム、92…入射面、94…出力面、96…非球面レンズ、98…位置決め溝、110…情報処理装置、112…シャーシ、114…筐体、116…スロット、118…ソケット、120…光ファイバ束、122…中央処理装置（CPU）、124…クロック、126a～126c…I/O装置、128…入出力装置、130…記憶装置、132…メモリ、134…ネットワーク・インタフェース、136…光信号発生装置、138…光ファイバ束、140…コントローラ、142…光信号発生部、144…光ファイバ束、

【書類名】 図面

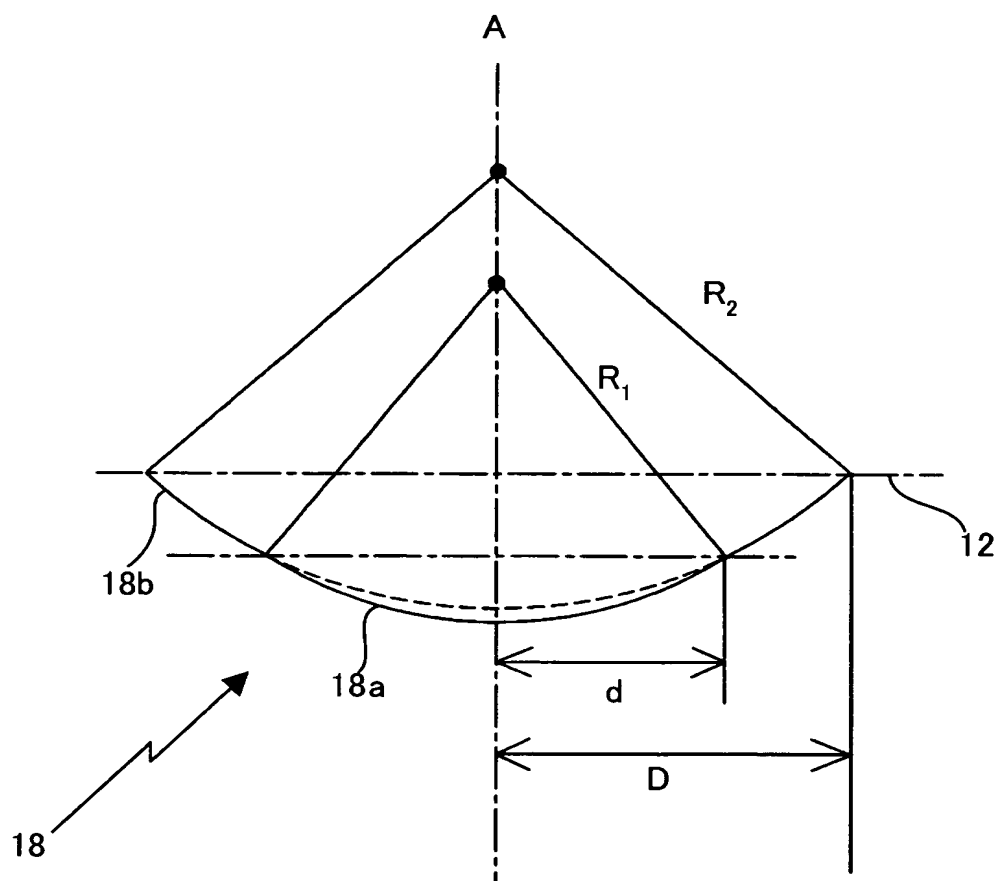
【図 1】



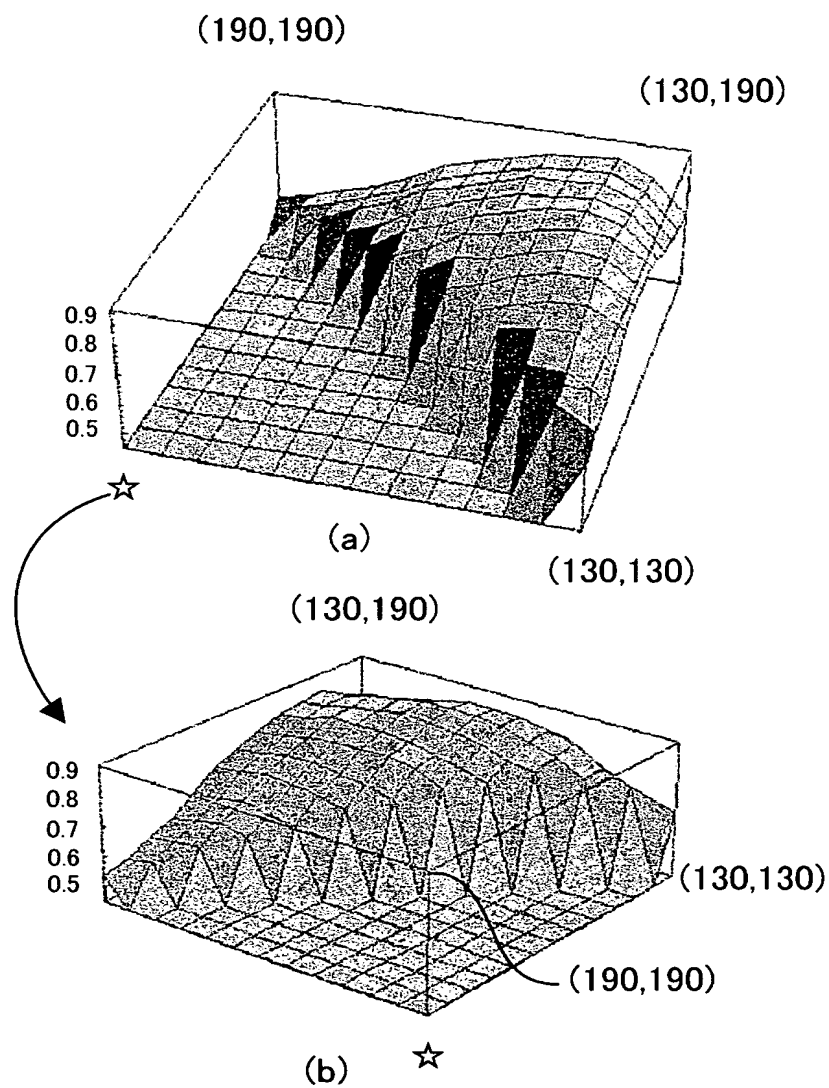
【図 2】



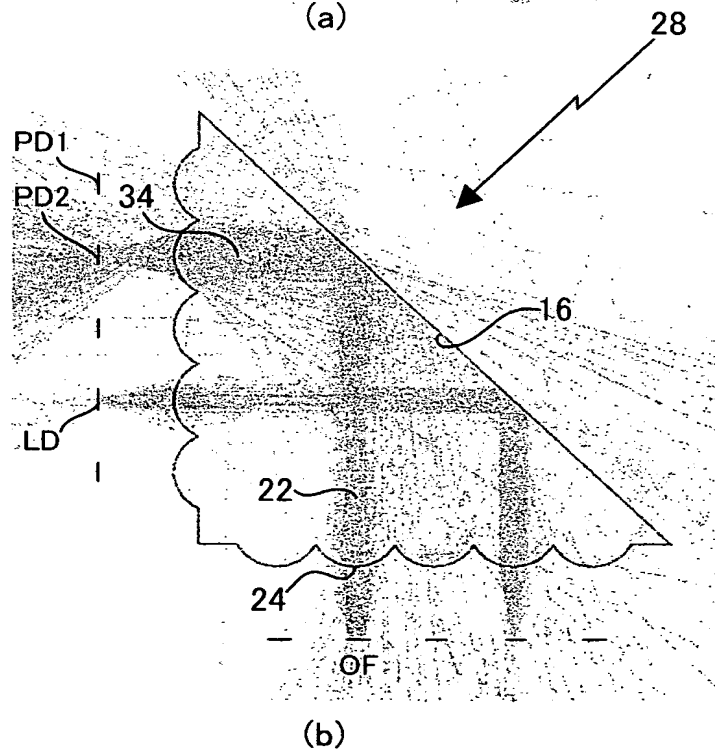
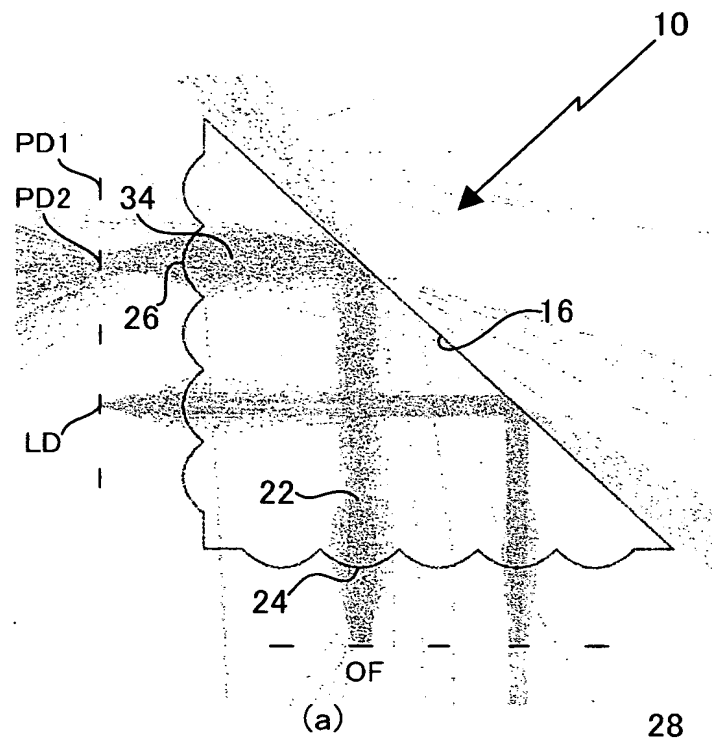
【図 3】



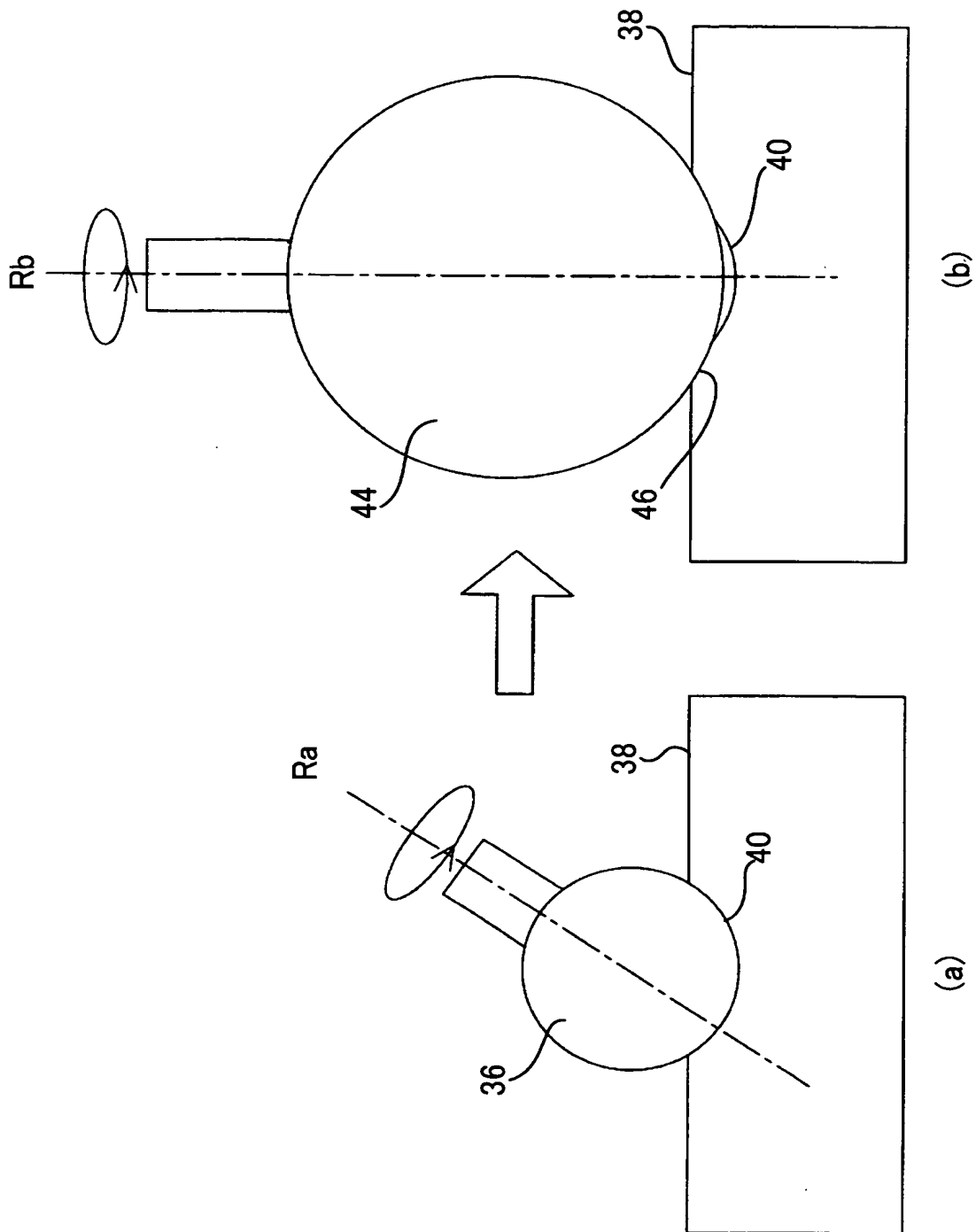
【図 4】



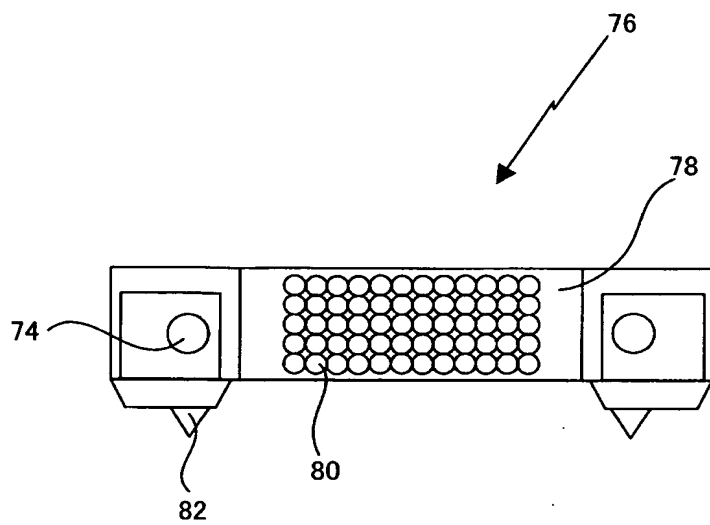
【図 5】



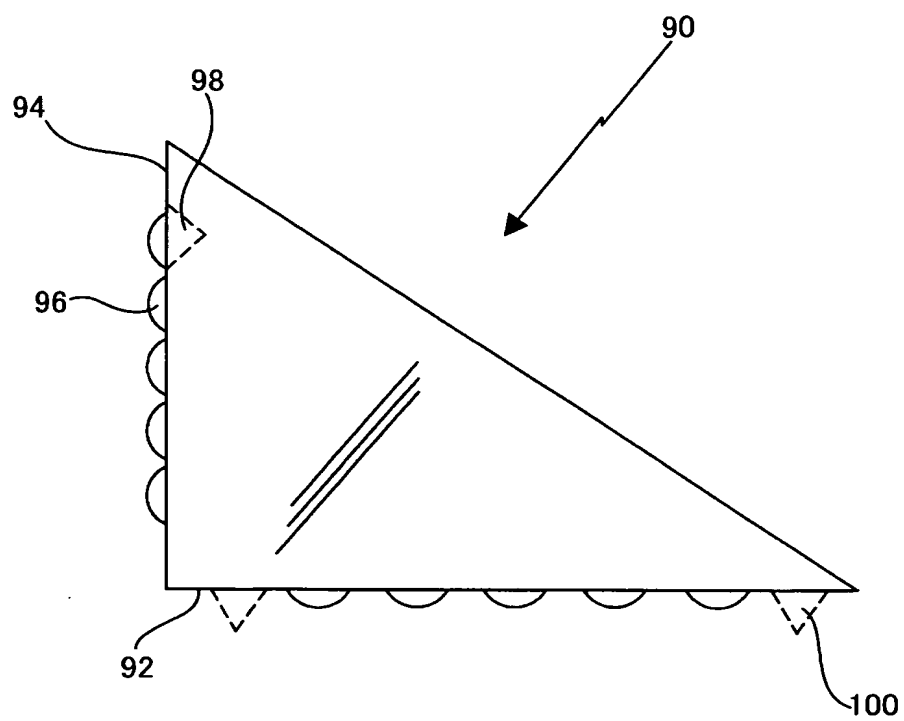
【図 6】



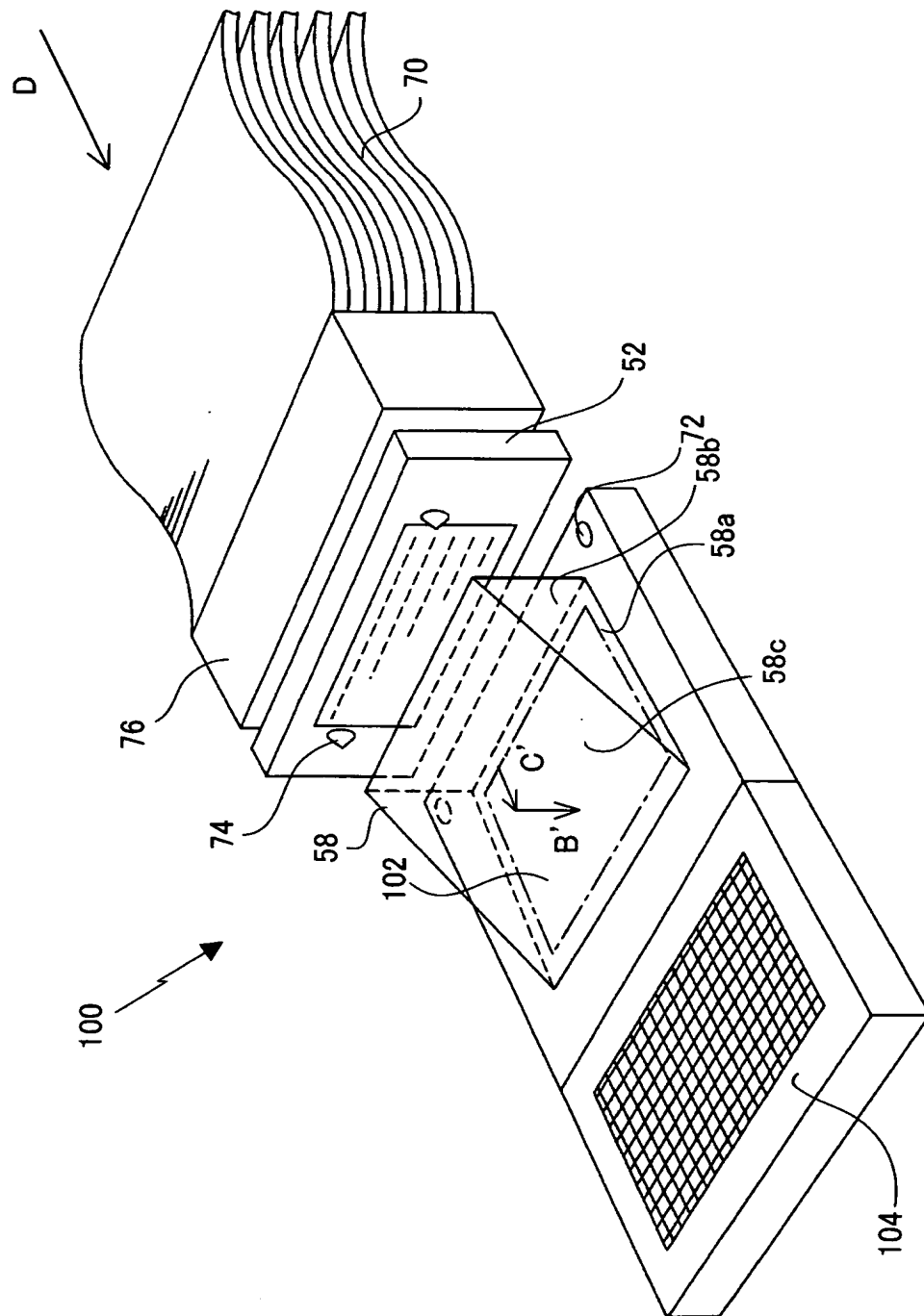
【図 8】



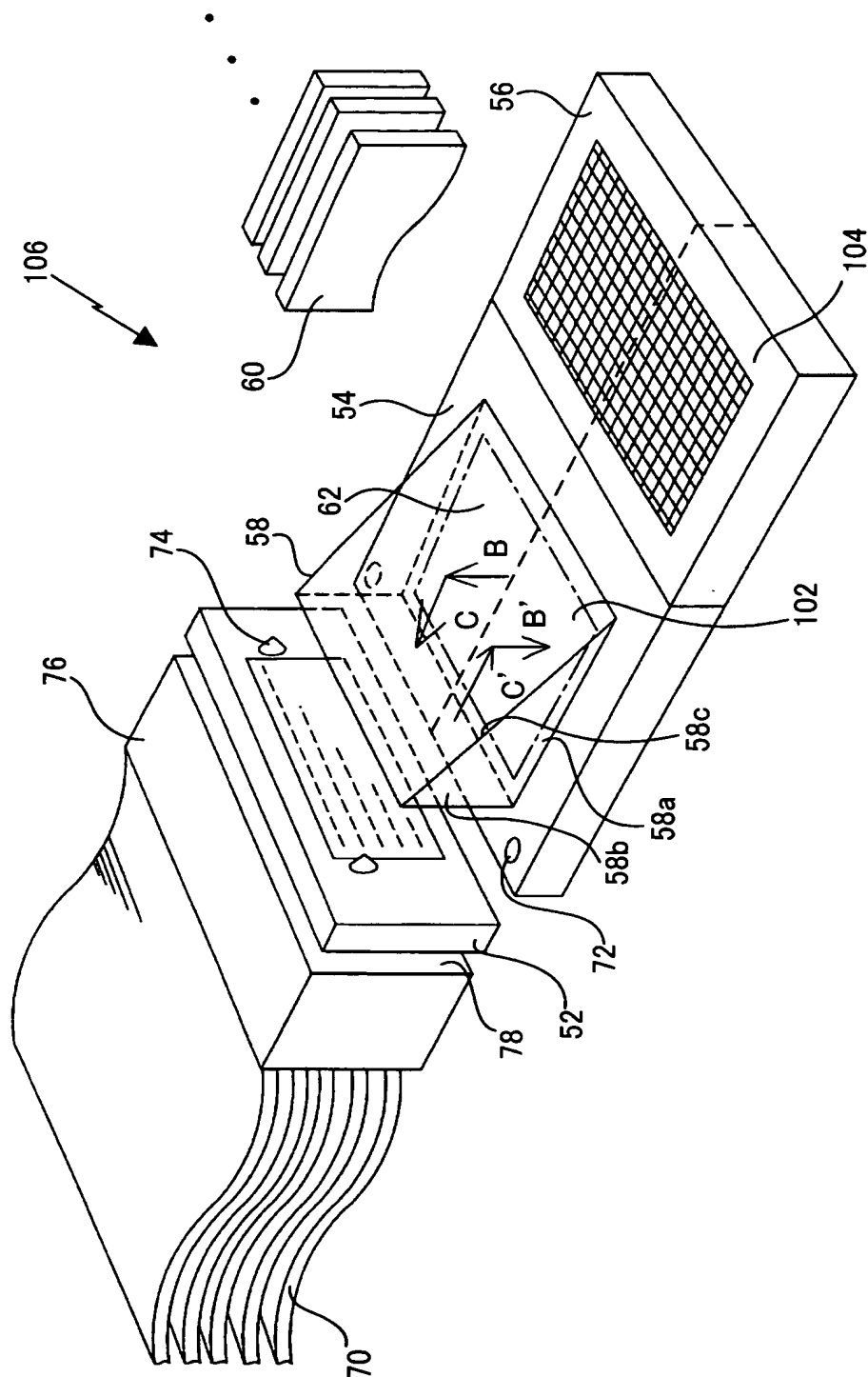
【図 9】



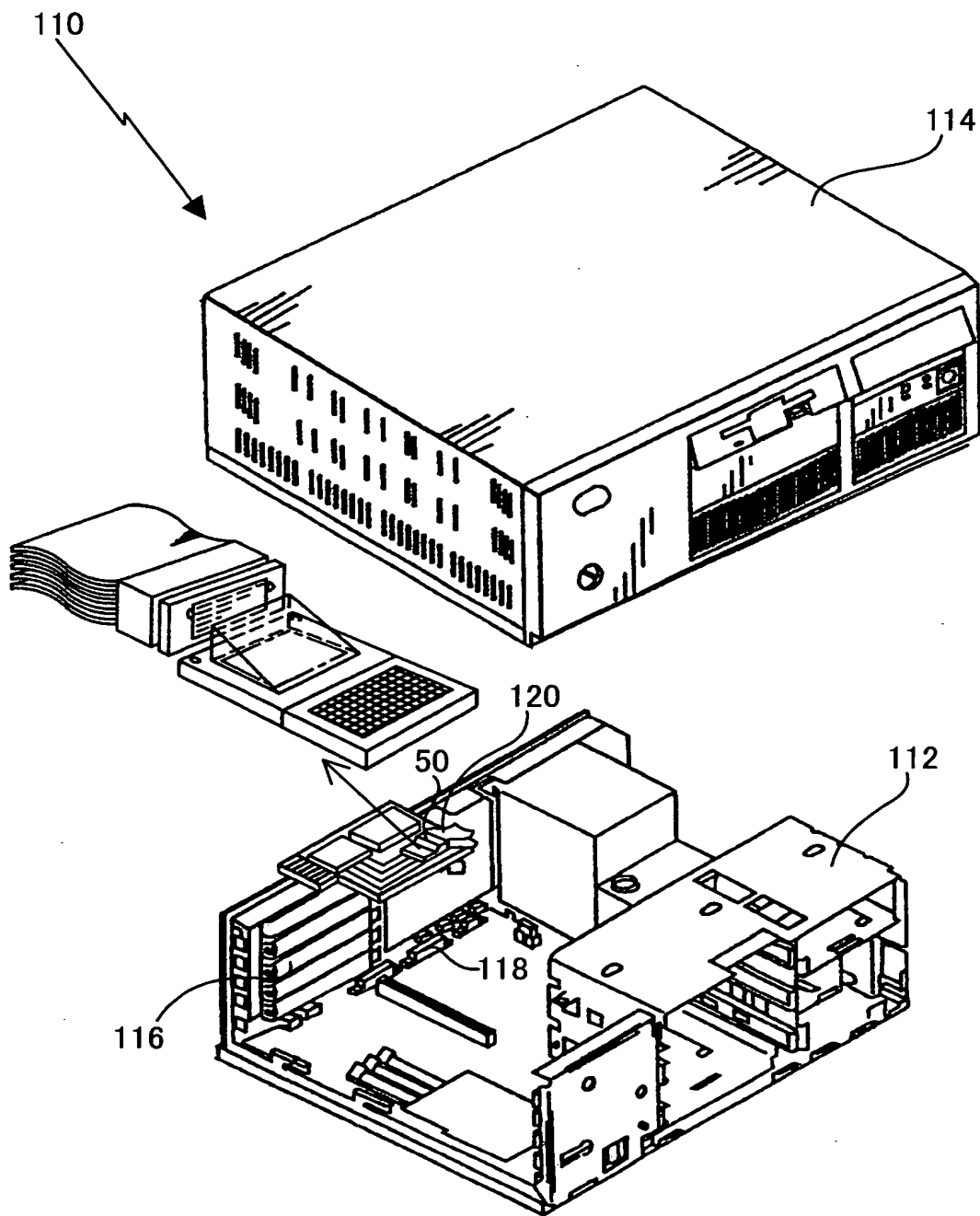
【図 10】



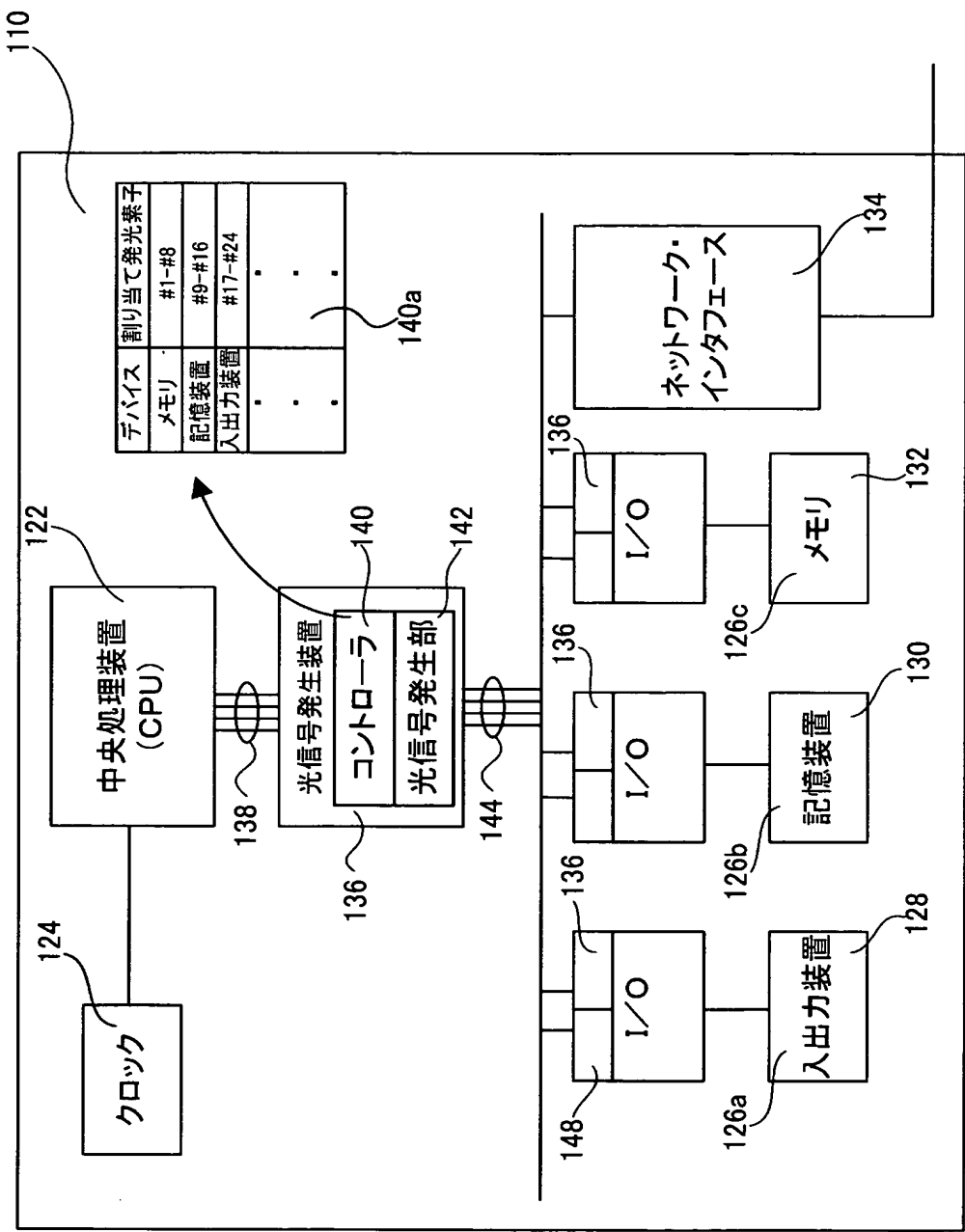
【図 11】



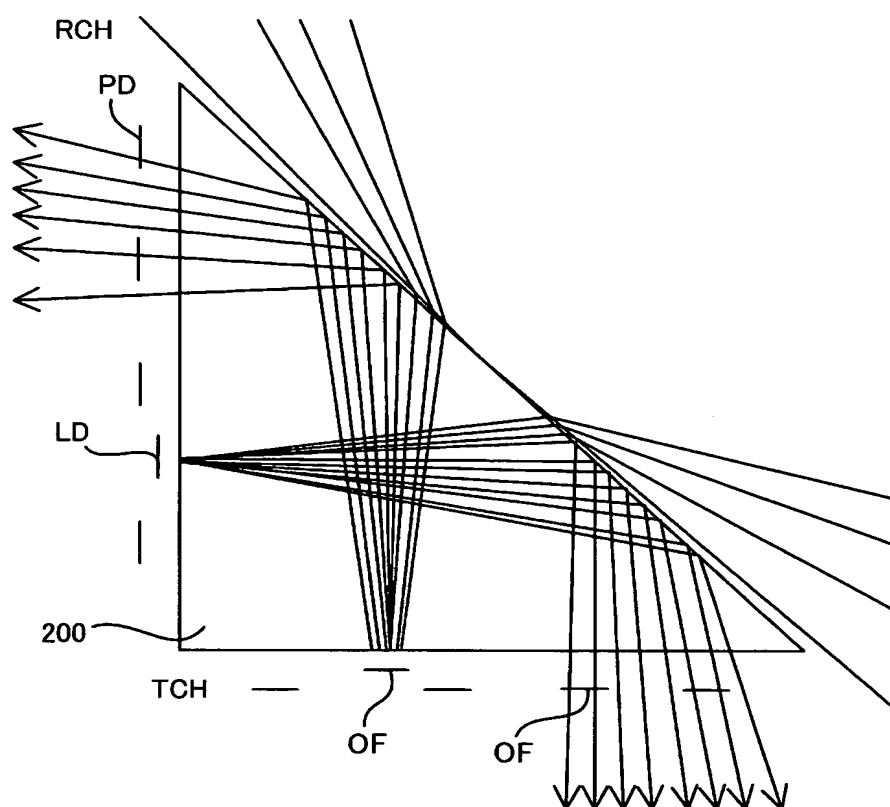
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光リンク・モジュール、光接続方法、該光リンク・モジュールを含む情報処理装置、信号転送方法、プリズム、およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の光リンク・モジュール 50 は、光ビームを偏向させて接続するための光リンク・モジュールであり、面状に配列された発光素子 62 と、発光素子 62 からの光ビームを受け取るための光導波路である光ファイバ束 70 と、発光素子 62 と光ファイバ束 70 との間に配設され、発光素子 62 および光ファイバの数にそれぞれ対応して形成された複数の非球面レンズを含む光偏向要素 58 とを含んでいる。

【選択図】 図 7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-113726
受付番号	50300644473
書類名	特許願
担当官	鎌田 規 8045
作成日	平成 15 年 6 月 6 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	390009531
【住所又は居所】	アメリカ合衆国 10504、ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード
【氏名又は名称】	インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

【代理人】

【識別番号】	100086243
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内
【氏名又は名称】	坂口 博

【代理人】

【識別番号】	100091568
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内
【氏名又は名称】	市位 嘉宏

【代理人】

【識別番号】	100108501
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 知的所有権
【氏名又は名称】	上野 剛史

【復代理人】

申請人	
【識別番号】	100110607
【住所又は居所】	神奈川県大和市中心林間 3 丁目 4 番 4 号 サクライビル 4 階 間山国際特許事務所
【氏名又は名称】	間山 進也

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 1 3 7 2 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 0 0 0 9 5 3 1]

1. 変更年月日 2 0 0 0 年 5 月 1 6 日
[変更理由] 名称変更
住 所 アメリカ合衆国 1 0 5 0 4、ニューヨーク州 アーモンク (番地なし)
氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
2. 変更年月日 2 0 0 2 年 6 月 3 日
[変更理由] 住所変更
住 所 アメリカ合衆国 1 0 5 0 4、ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード
氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション